

**FEEDFORWARD AMPLIFIER**

Patent Number: JP5183349  
Publication date: 1993-07-23  
Inventor(s): MANIWA TORU; others: 05  
Applicant(s):: FUJITSU LTD; others: 01  
Requested Patent: ☐ JP5183349  
Application Number: JP19910357837 19911226  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H03F1/32  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PURPOSE:**To reduce an insertion loss at a synthesizer of a side of a main amplifier output by using only one synthesizer inserted to an output of the main amplifier so as to compensate nonlinear distortion with respect to the feedforward amplifier compensating the nonlinear distortion generated in the amplifier circuit.

**CONSTITUTION:**The amplifier is provided with a main amplifier 21 amplifying an input signal, a distribution synthesizer 22 receiving an output signal from the main amplifier 21 at its primary side and applying distribution and synthesis to the passing signal between the primary side and the secondary side, a distortion extract circuit 23 distributing part of the input signal to the main amplifier 21, synthesizing its distribution signal and an output signal from the secondary side of the distribution synthesizer 22 with equal amplitude and opposite phase so as to extract a distortion component, and an auxiliary amplifier 24 amplifying the distortion component extracted by the distortion extract circuit 23. The distortion component extracted and amplified is injected to the output signal from the main amplifier 21 at the distribution synthesizer 22 with equal amplitude and opposite phase with respect to the distortion component included in the output signal.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-183349

(43)公開日 平成 5 年(1993) 7 月23 日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 3 F 1/32

識別記号

庁内整理番号  
8836-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-357837

(22)出願日 平成 3 年(1991)12月26 日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(71)出願人 000140041

株式会社宇宙通信基礎技術研究所

東京都千代田区岩本町 2 丁目12番 5 号

(72)発明者 馬庭 透

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 大久保 尚史

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 小林 隆夫

最終頁に続く

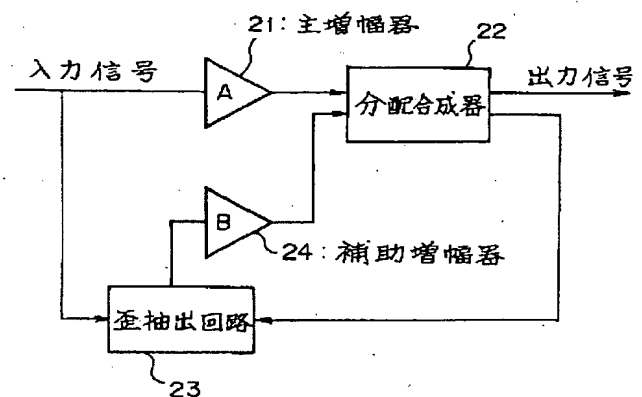
(54)【発明の名称】 フィードフォワード増幅器

(57)【要約】

【目的】 本発明は増幅回路で発生する非線形歪の歪補償を行ったフィードフォワード増幅器に関するものであり、主増幅器の出力側に挿入する合成器を一つだけにして非線形歪の歪補償を行うことで、主増幅器出力側の合成器での挿入損失を少なくすることを目的とする。

【構成】 入力信号を増幅する主増幅器 21 と、主増幅器 21 からの出力信号が一次側に入力され一次側と二次側間で通過信号を分配合成をする分配合成器 22 と、主増幅器 21 への入力信号の一部を分配してその分配信号と分配合成器 22 の二次側からの出力信号とを等振幅・逆相で合成して歪成分を抽出する歪抽出回路 23 と、歪抽出回路 23 で抽出された歪成分を増幅する補助増幅器 24 とを備え、抽出・増幅された歪成分が分配合成器 22 において主増幅器からの出力信号にその出力信号に含まれる歪成分と等振幅・逆相で注入されるように構成されたものである。

本発明に係る原理説明図



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号を増幅する主増幅器 (2 1)

と、

該主増幅器からの出力信号が一次側に入力され一次側と二次側間で通過信号を分配合成をする分配合成器 (2 2) と、

該主増幅器への入力信号の一部を分配して該分配信号と該分配合成器の二次側からの出力信号とを等振幅・逆相で合成して歪成分を抽出する歪抽出回路 (2 3) と、  
該歪抽出回路で抽出された歪成分を増幅する補助増幅器 (2 4) とを備え、

該抽出・増幅された歪成分が該分配合成器において主増幅器からの出力信号にその出力信号中の歪成分と等振幅・逆相で注入されるように構成されたフィードフォワード増幅器。

【請求項 2】 該分配合成器は方向性結合器で構成された請求項 1 記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 3】 該分配合成器はハイブリッド結合器で構成された請求項 1 記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 4】 該歪抽出回路における主増幅器への入力信号の一部を分配する手段として方向性結合器が用いられた請求項 1～3 の何れかに記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 5】 該歪抽出回路における主増幅器への入力信号の一部を分配する手段としてハイブリッド結合器が用いられた請求項 1～3 の何れかに記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 6】 該歪抽出回路における二つの信号を合成する手段として方向性結合器が用いられた請求項 1～5 の何れかに記載のフィードフォワード増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は増幅回路で発生する非線形歪の歪補償を行ったフィードフォワード増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図 7 には従来のフィードフォワード増幅器が示される。図中、1 は一次線路に入力された入力信号  $E_{in}$  の一部を二次線路側に分配する方向性結合器、2 は方向性結合器 1 の一次線路からの出力信号を増幅する主増幅器、1 1 は方向性結合器 1 の二次線路側に分配された分配信号の位相を主増幅器 2 からの出力信号と逆相になるように位相シフトする移相器である。

【0003】 1 2 は方向性結合器であり、主増幅器からの出力信号が一次線路へ、また移相器 1 1 からの分配信号が二次線路に入力されていて、これらを合成して歪成分を抽出するものである。1 4 は方向性結合器 1 2 で抽出された歪成分の位相を変える移相器、1 5 は移相器 1 4 からの抽出歪成分を線形増幅する補助増幅器である。

【0004】 1 3 は方向性結合器 1 2 の一次線路からの

出力信号が一次線路に入力され、また補助増幅器 1 5 側からの抽出歪成分が二次線路に入力される方向性結合器であり、一次線路において主増幅器 2 側からの出力信号にその歪成分と等振幅・逆相で補助増幅器 1 5 側からの抽出歪成分を注入することで、主増幅器 2 側からの出力信号の歪成分を相殺するものである。

【0005】 この従来のフィードフォワード増幅器は、入力信号  $E_{in}$  の一部を主増幅器 2 をバイパスするように方向性結合器 1 で分配し、方向性結合器 1 2 において主増幅器 2 からの出力信号と等振幅・逆相で合成することによって、主増幅器 2 で出力信号中に生じた歪成分を抽出し、この抽出歪成分を更に振幅・位相調整して方向性結合器 1 3 において主増幅器 2 の出力信号にそれに含まれる歪成分と等振幅・逆相で注入することで、主増幅器 2 の出力信号中の歪成分を相殺するものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来のフィードフォワード増幅器は、主増幅器の出力側に二つの合成器（すなわち方向性結合器 1 2、1 3）が直列に接続されており、従って合成器に挿入損失があると、従来回路では主増幅器出力側において二つ分の挿入損失が生じることになる。一般に主増幅器の出力電力は大きいので、合成器の挿入損失が小さなものである場合でもその損失の電力量は大きくなり、発熱量も大きい。このため、主増幅器出力側に挿入する合成器の数はできるだけ少なくすることが必要である。

【0007】 本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、主増幅器の出力側に挿入する合成器を一つだけにして非線形歪の歪補償を行うことにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 図 1 は本発明に係る原理説明図である。本発明のフィードフォワード増幅器は、入力信号を増幅する主増幅器 2 1 と、主増幅器 2 1 からの出力信号が一次側に入力され一次側と二次側間で通過信号を分配合成をする分配合成器 2 2 と、主増幅器 2 1 への入力信号の一部を分配してその分配信号と分配合成器 2 2 の二次側からの出力信号とを等振幅・逆相で合成して歪成分を抽出する歪抽出回路 2 3 と、歪抽出回路 2 3 で抽出された歪成分を増幅する補助増幅器 2 4 とを備え、抽出・増幅された歪成分が分配合成器 2 2 において主増幅器からの出力信号にその出力信号中に含まれる歪成分と等振幅・逆相で注入されるように構成されたものである。

【0009】 上述の分配合成器 2 2 は方向性結合器で構成することができる。また上述の分配合成器 2 2 はハイブリッド結合器で構成することができる。また上述の歪抽出回路 2 3 における主増幅器への入力信号の一部を分配する手段として方向性結合器を用いることができる。また上述の歪抽出回路 2 3 における主増幅器への入力信

号の一部を分配する手段としてハイブリッド結合器を用いることができる。また上述の歪抽出回路23における二つの信号を合成する手段として方向性結合器を用いることができる。

【0010】

【作用】主増幅器21からの出力信号の一部を分配合成器22で取り出し、それを用いて歪抽出回路23によって主増幅器21の出力信号中に含まれる歪成分を抽出し、その抽出した歪成分を補助増幅器24で増幅して分配合成器22で再び主増幅器21からの出力信号に注入

$$E_{OUT} = A E_{IN} + \{ (1 + \beta \gamma A) / (1 + \beta B) \} B E_{IN}$$

となり、全体の出力を補助増幅器21に無関係に決めるためには右辺の第2項を0にすればよく、従って

$$A = -1 / \beta \gamma$$

であればよい。また主増幅器21の利得がAからA+δAとなった場合、補助増幅器24の利得Bが、

$$B = -1 / \beta (1 + \gamma)$$

であれば、出力は必ず

$$E_{OUT} = A E_{IN}$$

となり、主増幅器21で発生した歪を除去できる。

【0013】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図3には本発明の一実施例としてのフィードフォワード増幅器が示される。図3において、入力信号E<sub>IN</sub>は方向性結合器1の一次線路を介して主増幅器2に入力され、さらにこの主増幅器2から方向性結合器3の一次線路を介して出力信号E<sub>OUT</sub>として出力される。方向性結合器1は二次線路側に主増幅器2の出力信号の一部を分配して出力する。また方向性結合器3は一次線路と二次線路に共に信号が通過する2入力2出力形のものであり、その一次線路と二次線路間で通過信号を相互に分配・合成する。

【0014】方向性結合器3の二次線路側からの出力信号は減衰器4、移相器5を介して方向性結合器6の二次線路に入力される。この方向性結合器6の一次線路には方向性結合器1の二次線路からの分配信号が入力されており、これら両信号を合成することで主増幅器2の出力信号中の歪成分を抽出して出力する。この抽出歪成分は移相器7、補助増幅器8を介して方向性結合器3の二次線路に入力される。

$$E_{OUT} = A E_{IN} + \{ (\epsilon + A \beta \gamma) / (1 + B \beta) \} B E_{IN}$$

となる。全体の出力E<sub>OUT</sub>を補助増幅器7と無関係に決めるためには、

$$A = -\epsilon / \beta \gamma$$

とすればよい。歪補償のために必要な補助増幅器8の利

$$E_{OUT} = A E_{IN} + \{ (\epsilon + A \beta \gamma) / (1 + B \beta) \} / B E_{IN}$$

なので、主増幅器2の利得がAからA+δAとなった場

$$\begin{aligned} E_{OUT} = & (A + \delta A) E_{IN} \\ & + \{ \{ \epsilon + (A + \delta A) \beta \gamma \} / (1 + B \beta) \} / B E_{IN} \\ & + \{ (\epsilon + A \beta \gamma) / (1 + B \beta) \} / B E_{IN} \end{aligned}$$

して歪成分を相殺する。

【0011】このフィードフォワード増幅器の作用を、図1のフィードフォワード増幅器を簡略化して示した図2の等価回路モデルを用いて説明する。なお、ここでは歪抽出回路22を仮に減衰器221、移相器222、加算器223で構成したものとする。ここで主増幅器21の利得をA、補助増幅器24の利得をBとし、分配合成器22の結合係数をγ、減衰器221の減衰係数をβとする。

【0012】入力信号E<sub>IN</sub>と出力信号E<sub>OUT</sub>の関係は、

【0015】この実施例の動作を以下に説明する。入力信号E<sub>IN</sub>を方向性結合器1を通して二分する。方向性結合器1の一次側から出力される大部分の入力信号E<sub>IN</sub>は主増幅器2に入力しそこで増幅される。この増幅された出力信号の一部を更に方向性結合器3で分配する。その分配した出力信号を減衰器4、移相器5を通して方向性結合器6に入力させる。この方向性結合器6には方向性結合器1で分配された入力信号の一方が入力されており、これらの入力信号が等振幅・逆相で加算合成されるように、減衰器4と移相器5で方向性結合器3で分配した信号の振幅と位相を調整する。これにより方向性結合器3で分配した信号のうちから歪成分だけが抽出される。

【0016】この方向性結合器6で抽出した歪成分を更に位相器7で位相調整し補助増幅器8で線形増幅し、方向性結合器3に入力させる。方向性結合器3では、その一次側を通る主増幅器2からの出力信号に、それに含まれる歪成分と等振幅・逆相に、補助増幅器8側からの抽出歪成分を注入することにより、出力信号中の歪成分を相殺する。移相器7と補助増幅器8はこのように主増幅器2の出力信号中の歪成分を相殺できるようにそれぞれの定数が決められる。

【0017】図4にはこの実施例のフィードフォワード増幅器の簡略的な等価回路モデルが示される。ここで主増幅器2の利得をA、補助増幅器8の利得をB、方向性結合器3の結合係数をγ、減衰器4の減衰係数をβ、方向性結合器1の結合係数をεとする。この等価回路モデルによれば、全体の入出力関係は、

得Bは、

$$B = \gamma A / \epsilon (\gamma + 1)$$

となる。

【0018】すなわち、全体の入出力関係は、

合を考えると、

ここで、 $\varepsilon + A\beta\gamma = 0$ の条件を考慮すると、  
 $A = -\varepsilon / \beta\gamma$

$$E_{OUT} = AE_{IN} + \delta A \{ B\beta\gamma / (1 + B\beta) + 1 \} E_{IN}$$

となる。したがって、

$$B\beta\gamma / (1 + B\beta) = -1$$

であれば、右辺の第2項がなくなって出力信号 $E_{OUT}$ から歪を除去できる。これをBに関して解くと、補助増幅器8の利得Bは

$$B = \gamma A / \varepsilon (\gamma + 1)$$

となる。

【0019】図5には本発明の他の実施例としてのフィードフォワード増幅器が示される。図中、主増幅器2、減衰器4、移相器5、方向性結合器6、移相器7、補助増幅器8は図3の実施例で説明したものと同様なものである。相違点として、この実施例では入力波 $E_{IN}$ を二分する分配器として3dBハイブリッド結合器を用いており、また主増幅器2の出力信号と補助増幅器8側からの

$$E_{OUT} = - \{ A + B (2^{1/2} - j A \beta) / (2^{1/2} + j B \beta) \} E_{IN} / 2$$

となる。 $2^{1/2} - j A \beta = 0$ を条件として $\beta$ を求めると、

$$\beta = 2^{1/2} / j A$$

よって歪補償のために必要な補助増幅器8の利得は、

$$B = -A / 2$$

となり、主増幅器2の半分の利得でよいという特長がある。

【0022】本発明の実施にあたっては種々の変形形態が可能である。例えば上述の実施例では歪抽出回路において方向性結合器3（あるいはハイブリッド結合器10）からの分配信号側に移相器5を入れて方向性結合器6にて両入力信号が逆相となるように位相調整したが、これに限らず、方向性結合器1（あるいはハイブリッド結合器9）からの分配信号側に移相器を入れて位相調整するものであってもよい。

【0023】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、主増幅器の後段に合成器を一つ接続するだけで主増幅器で生じる歪を補償することができる回路構成のフィードフォワード増幅器を実現でき、これにより合成器による挿入損失を少なくできる。

で、

抽出歪成分とを分配合成する分配合成器として3dBハイブリッド結合器を用いていることである。

【0020】このように構成すると、3dBハイブリッド結合器9、10による分配信号の電力が前述の実施例よりもはるかに大きいので、方向性結合器6で抽出される歪成分の大きさを大きくすることができ、それにより線形性が要求される補助増幅器8として小さい利得のものを使用できるようになる。

【0021】すなわち、図6はこの図5の実施例の簡略的な等価回路モデルを示すものである。3dBハイブリッド回路9、10はそれぞれ入力信号電力をそれぞれ等分に分配するものであるから、結合係数がそれぞれ図示するように $-j / 2^{1/2}$ 、 $-1 / 2^{1/2}$ となる。全体の入出力関係は、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る原理説明図である。

【図2】本発明の作用を説明するための図1装置の簡略化された等価回路モデルを示す図である。

【図3】本発明の一実施例としてのフィードフォワード増幅器を示す図である。

【図4】図3の実施例装置の簡略化された等価回路モデルを示す図である。

【図5】本発明の他の実施例としてのフィードフォワード増幅器を示す図である。

【図6】図5の実施例装置の簡略化された等価回路モデルを示す図である。

【図7】従来のフィードフォワード増幅器を示す図である。

【符号の説明】

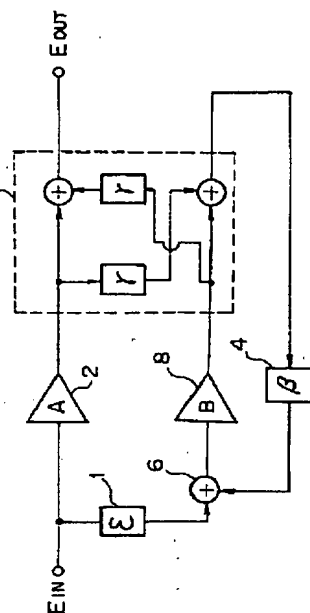
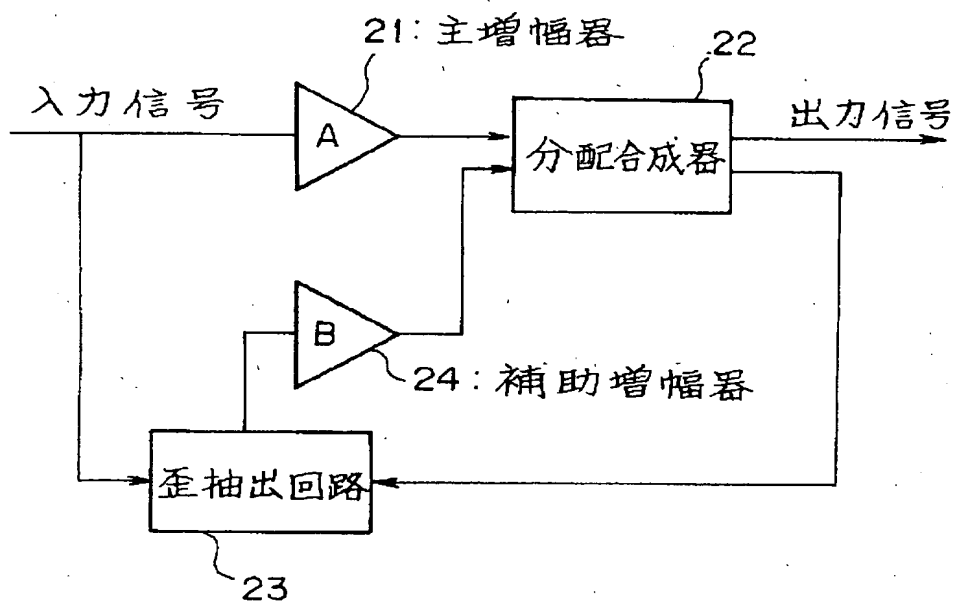
- 1、3、6、12、13 方向性結合器
- 2 主増幅器
- 4 減衰器
- 5、7、11、14 移相器
- 8、15 補助増幅器
- 9、10 3dBハイブリッド結合器

【図1】

【図4】

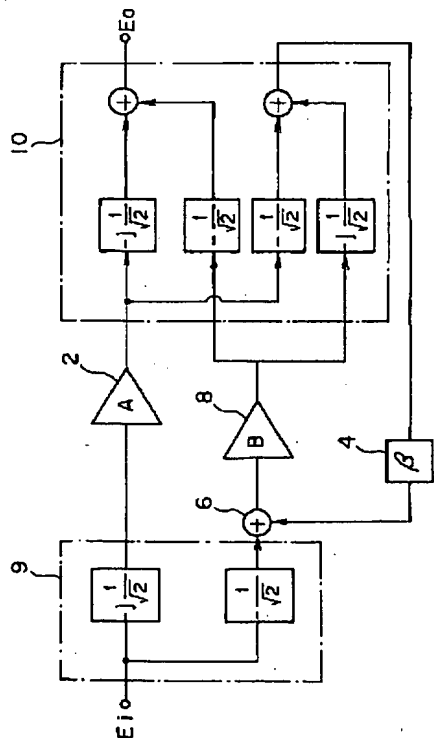
本発明に係る原理説明図

実施例の等価回路モデル

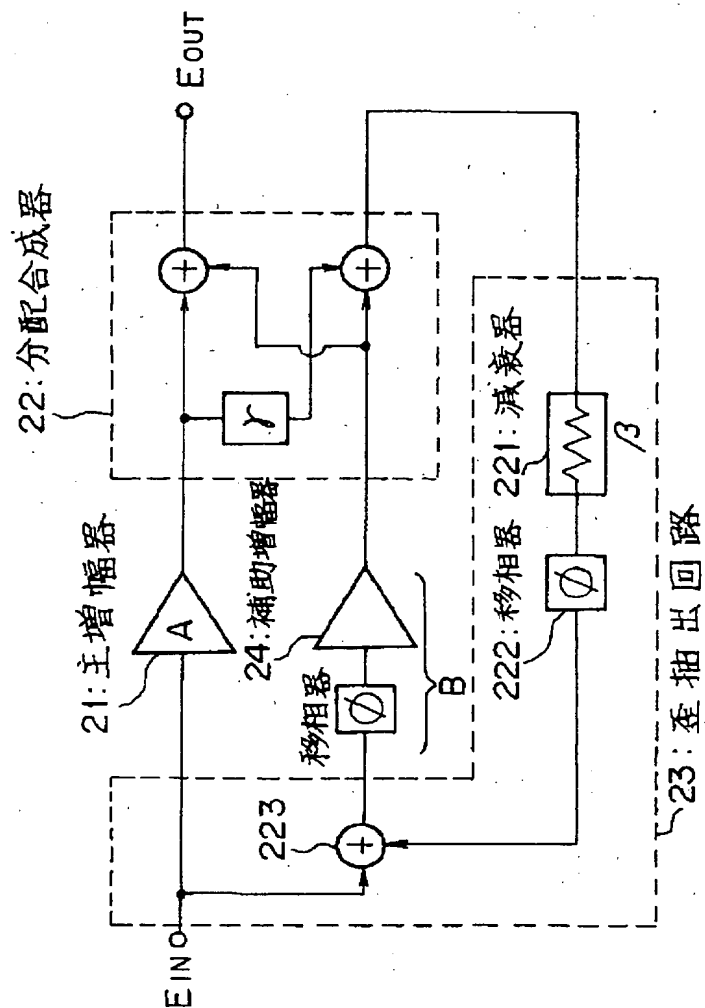


【図6】

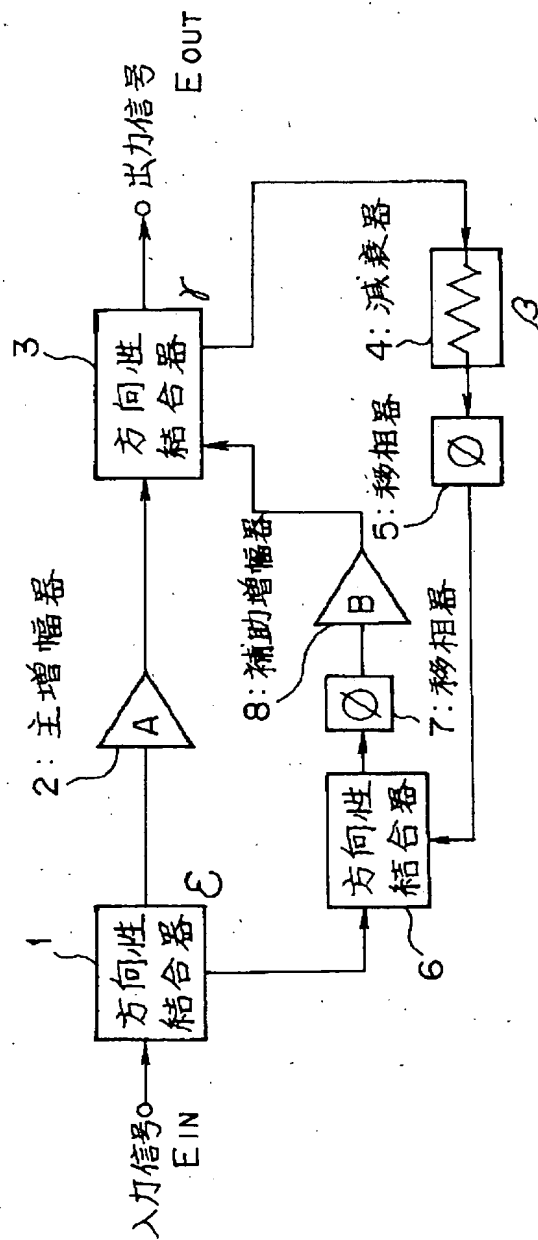
他の実施例の等価回路モデル



【図 2】

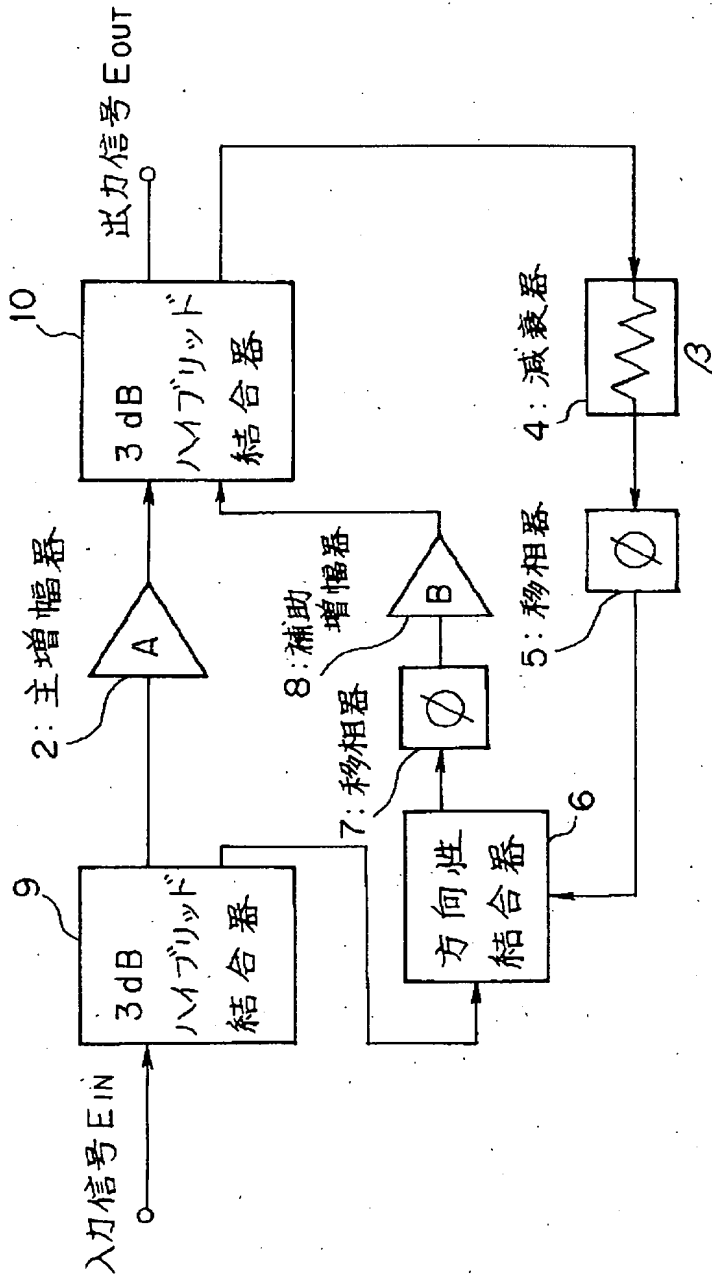


【図 3】



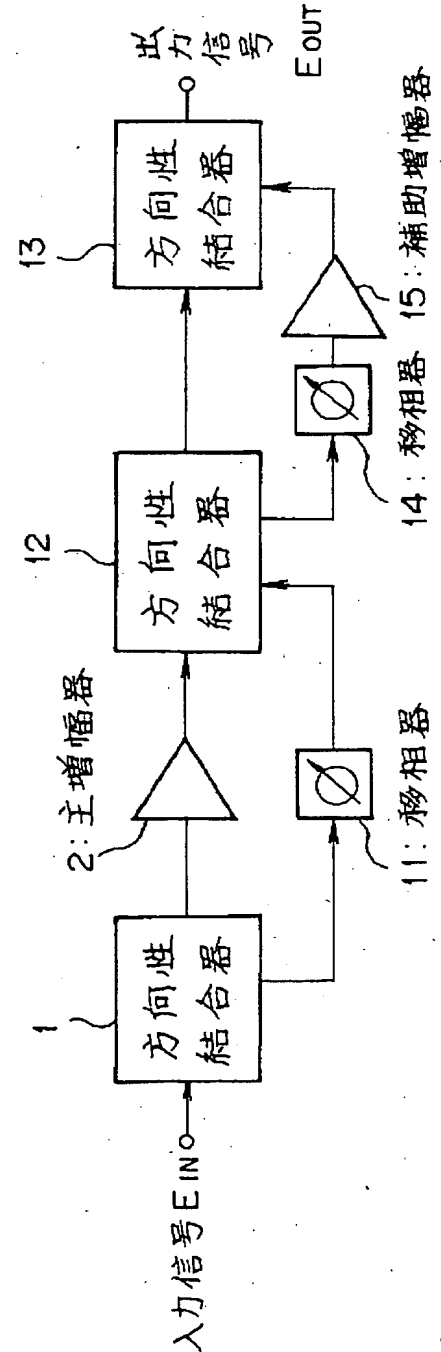
【図5】

本発明の他の実施例



【図7】

従来例



フロントページの続き

(72)発明者 小早川 周磁  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 小林 一彦  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内



(72)発明者 石井 恭一

東京都千代田区岩本町2丁目12番5号 株  
式会社宇宙通信基礎技術研究所内

(72)発明者 磯 彰夫

東京都千代田区岩本町2丁目12番5号 株  
式会社宇宙通信基礎技術研究所内